تراث الإنسانية

القانون المسعودى

للبيرونى

د. إمام إبراهيم أحمد





الهيئة
المصرية
العامة
للكتاب

مهرجان القراءة للجميع ١٩٩٥

القانون المسعودى

للبسيرونى

د. إمام إبراهيم أحمد



مهرجان القراءة للجميع ٩٥
مكتبة الأسرة
برعاية السيدة سوزان مبارك
(تراث الإنسانية)

الجهات المشاركة :
جمعية الرعاية المتكاملة
وزارة الثقافة
وزارة الإعلام
وزارة التعليم
وزارة الحكم المحلى
المجلس الأعلى للشباب والرياضة
التنفيذ : هيئة الكتاب

الانجاز الطباعى والفنى
محمود الهندى

المشرف العام
د. سمير سرحان

القانون المسعودى للبيرونى

د. إمام ابراهيم أحمد

مقدمة :

للعرب نظريات مبتكرة لم يسبقهم إليها إنسان، بعضها ظل مخلداً باسمهم على مر السنين والأعوام، وبعضها اقتبسه علماء الفرنجة بعد ذلك بعدة قرون فصار منسوباً إليهم دون أصحابه الشرعيين: ويرجع السبب فى هذا اللبس إلى العدد الهائل من المخطوطات العربية التى تحتاج إلى دراسة شاملة ومقارنة علمية بالنظريات الحديثة، وندرة الخبراء العرب الذين تخصصوا فى هذا النوع من الدراسات ... أما المستشرقون الأجانب، فعذرهم عدم الإلمام الكافى باللغة العربية، ناهيك عن اللغة العلمية والاصطلاحات الخاصة التى استخدمها علماء العرب فى القرون الوسطى ـ هذا

بالإضافة إلى صعوبة قراءة المخطوطات العربية والأخطاء التى وقع فيها الناسخون القدماء، وأكثرهم غير ذى دراية بما يقوم بنسخه.

وعلماء العرب الذين بزغت أسماؤهم فى القرون الوسطى، وأدلوا بقسط وافر فى تقدم العلوم، هم فى الحقيقة مجموعة ضخمة، احتل منهم الكثيرون مراكز الصدارة ومن بينهم العالم الجليل أبو الريحان البيرونى، الذى لم يكف لحظة عن التفكير فى المسائل العلمية حتى وهو على فراش الموت. إذ يروى ياقوت عن النيسابورى[1] أن قاضياً من أصحاب البيرونى قال:

«دخلت على أبى الريحان وهو يجود بنفسه وقد حشرج نفسه وضاق به صدره، فقال لى فى تلك الحال: كيف قلت لى يوماً حساب الجدات الفاسدة؟ فقلت له إشفاقاً عليه: أفى تلك الحالة قال لى: يا هذا، أودع الدنيا وأنا عالم بهذه المسألة، ألا يكون خيراً من أن أخليها وأنا جاهل بها؟ فأعدت ذلك عليه، وحفظه، وعلمنى ما وعد، وخرجت من عنده وأنا فى الطريق فسمعت الصراخ».

(١) انظر - إرشاد الأديب إلى معرفة الأديب المعروف بمعجم الأدباء أو طبقات الأدباء، لياقوت الرومى ١٧ - ١٨٢، وأيضاً - البيرونى ومكانته فى تاريخ العلم للدكتور جمال مرسى بدر - المجلة نوفمبر ١٩٥٨.

وللبيرونى عدد كبير من المؤلفات يصل إلى مائة وثمانين كتاباً[1]، نشر هو بنفسه فهرساً بأسماء مائة وثلاثة منها وذلك فى مؤلفه «رسالة فى فهرس كتب محمد بن زكريا الرازى[2]» الذى نشره ماكس كروازه عام ١٩٣٦، بالإضافة إلى مؤلفاته اللاحقة التى أتمها بعد أن كتب فهرسه، ونشر بعضها وهو على قيد الحياة، والبعض الآخر نشره بعد وفاته عدد من العلماء منهم أبو نصر[3] وأبو سهل[4] والجيلى[5].

وأهم مؤلفات البيرونى فى علم الفلك كتابه «القانون المسعودى فى الحياة والنجوم» الذى كتبه عام ٤٢١هـ (١٠٣٠م) وأطلق عليه هذا الأسم نسبة إلى

(١) Boilot, D. J., L'oeuver d'al-Beruni: Essai bibliographique, MIDEO, No. 2, 1955, Le Caire.

(٢) أبو بكر محمد بن زكريا الرازى ولد فى الرى قرب طهران فى منتصف القرن الثالث الهجرى وتوفى عام ٣١٠هـ (٩٢٣م).

(٣) أبو نصر منصور بن على بن عراق - أستاذ البيرونى وأحد ثلاثة ينسب إليهم اكتشاف قانون الجيوب للمثلثات الكروية.

(٤) أبو سهل عيسى بن يحيى المسيحى - أستاذ ابن سينا - توفى فى أوائل القرن الخامس الهجرى.

(٥) أبوعلى الحسن بن على الجيلى - معاصر للبيرونى.

للسلطان الغزنوى مسعود بن محمود[1] - ويقول ياقوت أن مسعود أهدى المؤلف حمل فيل من القطع الفضية مكافأة له على هذا العمل، لكن البيرونى رفض الهدية - والكتاب يعتبر موسوعة فلكية نادرة، تناول فيه بالتفصيل كل ما يتعلق بعلم الفلك سواء فى ذلك المبادئ الأساسية، وأبحاثه ونظرياته مقارنة بأبحاث السابقين والمعاصرين له.

وقبل أن نتناول بالدراسة والتحليل أعمال البيرونى فى عالم الفلك، يجدر بنا أن نلقى نظرة سريعة على تاريخ حياته[2].

---

(١) ابن السلطان الغزنوى محمود بن سبكتكين الذى استولى على خوارزم عام ٤٠٧هـ (١٠١٧م).

(٢) انظر تاريخ حياة البيرونى مفصلاً فى :

البيرونى ومكانته فى تاريخ العلم للدكتور جمال مرسى بدر - المجلة نوفمبر ١٩٥٨.

استخراج الأوتار فى الدائرة للدكتور أحمد سعيد الدمرداش - تراث الإنسانية، المجلد الثانى ص ١٥٤.

تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن - تحقيق الدكتور ب بولجاكوف، مجلة معهد المخطوطات العربية ١٩٦٢.

المقالة الثالثة من القانون المسعودى - تحقيق الكاتب - المجلس الأعلى للشئون الإسلامية (تحت الطبع).

أبو الريحان البيرونى

ولد أبو الريحان محمد بن أحمد البيرونى عام ٣٦٢هـ (٩٧٣م) فى ضاحية كاث عاصمة خوارزم[1] — نبغ فى الرياضة والفلك، ويعتبر جغرافياً ومؤرخاً ولغوياً وفيلسوفاً حتى أنه أطلق عليه لقب الأستاذ. بقى فى وطنه حتى بلغ الخامسة والعشرين حيث تدرب عملياً على يد أستاذه أبى نصر منصور بن على بن عراق كما اتصل بابن سينا، ونشر فى تلك الفترة أيضاً أوائل مؤلفاته.

ثم رحل إلى جرجان حوالى ٣٨٨هـ (٩٨٨م) حيث التحق ببلاط السلطان أبو الحسن قابوس بن وشمجير شمس المعالى وهناك نشر أول مؤلفاته الكبرى عن التقاويم والتواريخ ومسائل فى الفلك والرياضة وهو «الآثار الباقية عن القرون الخالية». ولما عاد إلى وطنه بعد عشر سنوات، استقبله الأمير أبوالحسن على بن مأمون حيث ألحقه بحاشية أخيه أبى العباس مأمون بن مأمون خوارزمشاه الذى عهد إليه ببعض المهام السياسية الدقيقة بسبب طلاقة لسانه وقدرته على الإقناع.

---

(١) فى منطقة دلتا نهر أموداريا على الشواطئ الجنوبية لبحيرة الأرال.

وفى عام ٤٠٧هـ (١٠١٧م) سقطت الإمارة فى يد السلطان الغزنوى محمود بن سبستكين، الذى أخذ البيرونى وطائفة من العلماء والحكماء إلى غزنة فى سجستان، وألحقه بالبلاط ثم اصطحبه فى غزواته شمال غربى الهند حيث قام بنشر علوم الحضارة الإغريقية، وفى نفس الوقت درس العلوم الهندية ونشر ذلك فى ثانى مؤلفاته الكبرى «طريق الهند» عام ٤٢١هـ (١٠٣٠م) بعد عودته إلى غزنة، كما كتب مؤلفين رئيسيين آخرين هما «القانون المسعودى»، «التفهيم لأوائل صناعة التنجيم».

وتاريخ وفاة البيرونى موضع مناقشة، ولكن الاعتقاد السائد حالياً أن ذلك كان بعد عام ٤٤١هـ (١٠٥٠م)(١).

القانون المسعودى

. ثالث المؤلفات الكبرى للبيرونى، كتبه عام ٤٢١هـ (١٠٣٠م) ووصلت إلينا منه سبع نسخ مخطوطة موزعة فى عدة دول(٢):

---

(١) انظر - البيرونى ومكانته فى تاريخ العلم - المجلة نوفمبر ١٩٥٨، مجلة المجمع العلمى المصرى ١٩٤٠ ص ١٣٨.

(٢) القانون المسعودى للبيرونى - مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية بحيدر أباد الدكن بالهند ١٩٥٤م.

أقدمها التى توجد بمكتبة بادلين بأكسفورد منسوخة عام ٤٧٥م (١٠٨٢م)، ثم النسخة الموجودة فى فرنسا بالمكتبة الأهلية فى باريس وقد نسخت عام ٥٠١هـ (١١٠٨م) والنسختان الثالثة والرابعة موجودتان فى تركيا إحداها بمكتبة الملة باستانبول وقد كتبت عام ٥٣١هـ (١١٣٦م) والثانية بمكتبة بايزيد باستنبول وتاريخها قبل سنة ٥٣٦ هـ (١١٤١م)، ونسخة فى ألمانيا بمكتبة جامعة توبنجن فى برلين وهذه نسخت قبل سنة٥٦٢هـ (١١٦٦م)، وأخرى فى إنجلترا بالمتحف البريطانى فى لندن نسخت عام٥٧٠هـ (١١٧٤م). أما فى مصر فهناك نسخة بدار الكتب فى القاهرة كتبت عام ٦٧٣هـ (١٢٧٤م).

وقد قامت دائرة المعارف العثمانية فى الهند بمجهود ضخم فى سبيل طبع هذا الكتاب النفيس الذى «لم يصنف فى فنه مثله وقد بقى فى عالم الخفاء لم يطبع إلى الآن مع أن كثيراً من الفضلاء والحكماء والإدارات العلمية والمعاهد الحكمية فى الشرق والغرب كانوا حريصين على نشره منذ ألف سنة». وكان نشره بعد مقارنة لفظية بين النسخ السبع مع اعتبار الرابعة منها الموجودة فى مكتبة بايزيد باستنبول أساساً للطبع.

ومع أن الكتـــاب المطبـــوع في الهند لم يتناول التحقيق اللفظي والعلمي، إلا أنه أصبح عوناً كبيراً لمن أراد أن يقوم بهذه المهمة، وقد استعان الكاتب به - إلى جـانب المخطوط المـوجـود في دار الكتب بالقـاهـرة - لدراسـة النظريات الرياضيـة والفلكيـة التي نقلهـا البيروني وناقشها عمن سبقوه أو التي ابتدعها بنفسه بعد بحث عميق.

والمخطوط الموجود بدار الكتب في القاهرة يقع في ٥٣٦صفحة من الحجم الكبير (٢٧×٣٥سم) وله قصة عجيبة تستحق التسجيل. فقد تمت كتابته في جمادى الآخرة عام ٦٧٣هـ - ١٢٧٤م وقام بنسخه محمد ابن مسعود بن محمد السنجاري المنجم، وفي عام ١١٥٨هـ - ١٧٤٤م اشترى هذا المخطوط الحاجي أحمد بن الحاجي يوسف بن الشيخ عبدالله بن داود آل الشيخ مصلح. وفي عام ١٩١٢م وقع هذا المخطوط في يد بائع كتب متجول دخل إدارة المطبوعات وعرضه على موظف اسمه (محمد مسعود) الذي أعطاه بطاقة لأبي الفتوح (باشا) وكيل المعارف فاشتراه بتسع وعشرين جنيهاً.وقد اعتزم أبو الفتوح أن يخاطب صهره إبراهيم نجيب (باشا) مدير ديوان الأوقاف في طبعه، ولكنه

توفي قبل تحقيق غرضه فابتاعته دار الكتب بأربعين جنيهاً.

وقد سجل هذه القصة في المخطوط نفسه موظف إدارة المطبوعات بمناسبة الصدف الغريبة بين اسم الكتاب نسبة إلى السلطان مسعود واسم الناسخ محمد بن مسعود واسم منقذ الكتاب محمد مسعود.

ويشتمل القانون المسعودي على إحدى عشرة مقالة، كل منها مقسم إلى عدد من الأبواب تبلغ في مجموعها مائة واثنان وأربعون باباً تغطي جميع الأرصاد والنظريات الفلكية في ذلك الوقت بالإضافة إلى ماتوصل إليه علماء الحضارات السابقة والمعاصرون للبيروني،مع نقد العالم المطلع وتفنيد الآراء دون تحيز أو محاباة. وقد وضع البيروني نصب عينيه ألا يأخذ النظريات والأرصاد قضية مسلماً بها بل ناقش البراهين والأدلة وأضاف إليها من عندياته وأعاد الأرصاد أكثر من مرة لكي يستوثق من صحة النتائج، وكان البيروني في كتابه جم التواضع دعا إلى مناقشة آرائه وتصحيح ما يكون قد وقع فيه من زلل. وفي ذلك يقول في مقدمة كتابه:

«ولم أسلك فيه مسلك من تقدمني من أفاضل المجتهدين من طالع أعمالهم واستعمل زيجاتهم[1] على مطايا الترديد إلى قضايا التقليد، باقتصارهم على الأوضاع الزيجية، وتعميتهم خير ما زاولوه من عمل، وطيهم عنهم كيفية ما أصلوه من أصل، حتى أحوجوا المتأخر عنهم في بعضها إلى استئناف التعليل، وفي بعضها إلى تكلف الانتقاد والتضليل، إذ كان خلد فيها كل سهو بدر منهم لسبب انسلاخه عن الحجة، وقلة اهتداء مستعمليها بعدهم إلى المحجة. وإنما فعلت ما هو واجب على كل إنسان أن يعمله في صناعته من تقبل اجتهاد من تقدمه بالمنة، وتصحيح خلل إن عثر عليه بلا حشمة، وخاصة فيما يمتنع إدراك صميم الحقيقة فيه من مقادير الحركات وتخليد ما يلوح له فيها تذكرة لمن تأخر عنه بالزمان وأتى بعده، وقرنت بكل عمل في كل باب من علله، وذكر ما توليت من عمله، ما يبعد به المتأمل عن تقليدي فيه ويفتح له باب الاستصواب لما أصبت فيه، أو الاصلاح لما زللت عنه أو سهوت في حسابه».

(١) الزيج بمعنى الجدول، والأسم من أصل فارسي هو (زيك) اى السدى الذي ينسج فيه لحمة التسيج - انظر علم الفلك، تاريخه عند العرب لكارلو تللينو ص ٤٢.

وإلى جانب الناحية الفلكية المباشرة، نرى البيروني قد خصص بعض أجزاء من كتابه تناول فيها عدة مواضيع تتصل بعلم الفلك من قريب أو بعيد. ففي المقالة الثانية تعرض بصورة موجزة لتواريخ الأنبياء والملوك من عهد سيدنا آدم عليه السلام حتى ملوك عصره وذلك للصلة الوثيقة بينها وبين التقاويم المختلفة والتواريخ المشهورة. ولم يقتصر على سرد الأعياد والمناسبات بل أشار إلى أصلها والأسباب التي جعلت منها عيداً دينياً أو مناسبة مشهورة. ولنضرب ذلك مثلاً حديثه عن أحد أعياد الفرس وهو المسمى بالتيركان أو عيد الإغتسال :

«وفي التيركان تغتسل الفرس وتكنس المطابخ والكوانين، أما كسرها فبسبب تخلص الناس من حصار (افراسياب)، ومضى كل واحد إلى عمله، ولمثله يطبخون الحنطة مع الفواكه الفجة إذ كانوا غير قادرين على طحن الحنطة. وأما الاغتسال فقالوا أن (كيخسرو) في منصرفه من حرب فراسياب نزل على عين ماء متفرداً عن عسكره فأغمي عليه التعب، ووصل إليه (ويجن بن كوذرز)، فرش الماء عليه حتى أفاق وجرى اسم الاغتسال من وقتئذ تبركاً».

وعند ذكر التقاويم والتواريخ ناقش ما حدث من شبهة فى تعيين بدايتها، فأشار إلى التقويم المعروف بتاريخ الإسكندر قائلاً :

«ونقول فى تاريخ (الإسكندر) أن الجمهور يعتقدون فيه ظناً أنه محسوب من أول ملكه، على مثال تاريخ (يزدجرد) من أول سنة قيامه، ويذكرون فى علل الزيجات أن أول السنة التى ملك فيها (الإسكندر) كان يوم الإثنين، وحين وجدوا (بطليموس) أرخ بعض أرصاده بممات (الإسكندر) وكان ذلك التاريخ متقدماً للذى ظنوه لأول ملكه، ولم يجز أن يتقدم وقت هلاك شخص ما وقت ملكه، ظنوه اسكندرا آخر قبل المشهور. بل فاجأتهم طامة أخرى،وهى أن الكلدانيين أرخوا بأول ملكه فى بلاد (ايلادا) على ما تبين من النوع السابع من المقالة التاسعة فى كتاب المجسطى إذا قيس ما ذكر فيه إلى تاريخ ممات (الإسكندر)، فنسبوا ذلك التاريخ إلى والده «فيلفس» كما نسب بعضهم تاريخ مماته إلى «فيلفس» أيضاً، وإنما أتوا فى ذلك من قلة عنايتهم بتواريخ أهل المغرب وأخبار اليونانيين التى لم يخرج منها إلى العربى إلا قليل. فليعلم لذلك أن «فيلفس» ملك (ماقيدونيا) بعد موت «فراديقوس» الحادى والعشرين

من ملوكهم سبع وعشرين سنة، وولد له ابنه (الإسكندر) من (أولمفيدا) على ثمان من ملكه واثنتى عشرة من ملك (أرطخشيشت أوكوس) أى (أردشير الأسود) ببابل وملك (الإسكندر) بعد أبيه اثنتى عشرة سنة وسبعة أشهر منها ست إلى قتله (داريوش) والباقى فى غزو بلاد المشرق. ولما مات ببابل عند منصرفه، انقسمت مملكته أثلاثاً، فصار منها (ماقيدونيا) وما والاها إلى أخيه (فيلفس ايراندلوس) وهو المؤرخ به فى قانون زيج (ثاؤن) وملكه بعد الخلافة ووفاة (الإسكندر) فى وقت واحد، وصار مصر الإسكندرية وأرض المغرب إلى البطالسة الذين أولهم (بطليموس بن لاغوس) وصارت سورية وآسيا أعنى الشام والعراق إلى (انطياخوس) بانى (انطاكية). تواريخ هؤلاء من عند ممات الإسكندر. وكان (سولوقس) بتقاطر تشارك (انطياخوس) إلى أن تفرد بالملك عند تمام اثنتى عشرة سنة من ملك ابن (لاغوس)، ومن هناك ابتدأ اليونانيون بالتاريخ واشتهر بالأسكندر وإنما هو من السنة الثالثة عشر من مماته».

من هذه الأمثلة والشواهد، نرى أن البيرونى لم يسرد التواريخ والأعياد دون روية أو تفكير، بل ناقش أصولها وأسباب التعارض فى أقوال المؤرخين. والمقالة

الثانية من القانون المسعودى حافلة بالأمثلة المشابهة سواء فى أصل الأعياد أو فى تحويل التقاويم المختلفة بعضها إلى البعض.

وفى المواضيع الأخرى المتصلة بعلم الفلك، أفرد البيرونى المقالة الثالثة للرياضة والقوانين الخاصة وجداول حساب المثلثات التى تعتمد عليها النظريات والأرصاد والحسابات الفلكية(١). وحتى فى هذا الموضوع الفرعى ظهر نبوغ البيرونى وعمق أبحاثه وآرائه وتوخى الدقة فى المسائل الرياضية فتوصل إلى قوانين الاستكمال فى صورتها المبسطة والتى نسبت إلى نيوتن وجريجورى بعده بستمائة عام. ولم يكن توصله إلى هذه القوانين من قبيل المصادفة أو التخمين، بل نتيجة للبحث فى دقة الجداول الرياضية السابقة وطرق استخدامها. فقد وجد أن الفترات المتساوية بين الزوايا لاتقابلها تغيرات متساوية فى النسب المثلثية، وتأكيداً لهذه الحقيقة أثبت صحتها بالطرق الهندسية. وكان فى ذلك حافز له على البحث عن مخرج للوصول

(١) انظر بحثاً للكاتب بعنوان
(Al-Biruni's Astronomical Works)
فى نشرة مرصد حلوان رقم ٤٨.

إلى أدق القيم حين استعمال الجداول المثلثية وتعميم ذلك إلى كافة الجداول الرياضية. وقد سلك فى سبيل ذلك مسلكين، أولهما أخذ فترات صغيرة قدر الإمكان بين قيم المتغير (الزوايا) وعمل جداول على هذا الأساس وقام فعلاً بحساب جداول للجيوب لكل ربع درجة بدلاً من الجداول الشائعة حينئذ والتى كانت محسوبة لكل درجة كاملة، وقد كان يتمنى أن يعملها لكل دقيقة قوسية لولا طول الوقت وكثرة الحسابات، وهو فى ذلك يقول :

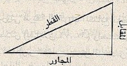
«فلهذا لو لم يتعذر تدقيق العمل لطوله، لكان تحليل الجيوب إلى دقائق أجزاء القسى أصوب لينتقل التساهل من أجزاء الأجزاء إلى التى لم نستعملها، وكان الأولى بنا أن نفعله، لأن مدار أمور هذه الصناعة عليها، ومرجع الزيجات إليها» وكانت حساباته من الدقة إلى درجة أن جداوله كانت صحيحة إلى الرقم السابع أو الثامن العشرى.

وثانى المسلكين، تحسين طريقة استعمال هذه الجداول، وذلك ما أدى به إلى استنباط قانون الاستكمال مقرباً بطريقة هندسية بسيطة، وكانت فكرته كما يلى معبراً عنها بالاصطلاح الحديث :

إذا زادت قيمة الزاوية من (س) إلى (س+أ) تغير جيبها من ($ج_1$) إلى ($ج_2$)، فإذا زدنا الزاوية فترة أخرى من (س+أ) إلى (س+٢أ) تغير الجيب من ($ج_2$) إلى ($ج_2$)، ومع أن الفترات متساوية (=أ) إلا أن فروق الجيوب ($ج_2$ - $ج_1$)، ($ج_2$ - $ج_2$)، غير متساوية. فإذا أردنا إيجاد (ج) جيب زاوية (س+أ+ب) واقعة بين (س +أ)، (س+٢أ) بالطريقة العادية الشائعة كانت نسبة الجزء (ب) إلى الفترة (أ) مساوية لنسبة الزيادة (ج-$ج_1$) إلى الفرق ($ج_2$-$ج_1$)، وذلك غير صحيح كما أثبتنا لأن فروق الجيوب لا تتناسب مع فروق الزوايا.
ولكن ما حدث فى الحقيقة هو أن التغير فى الزاوية من (س + أ) إلى (س+٢أ) صاحبه تغير تدريجى فى فروق الجيوب (لا فى الجيوب نفسها) من ($ج_2$ - $ج_1$) إلى ($ج_2$ - $ج_2$) وعلى ذلك تكون نسبة الجزء (ب) إلى الفترة (أ) مساوية لنسبة فرق الجيوب المناسب (جَ - ج١) إلى الفرق ($ج_2$ - $ج_2$) - ($ج_2$ - $ج_1$). وبتعويض فرق الجيوب المناسب الخارج لنا فى القانون الشائع نحصل على قيمة أدق لجيب الزاوية المطلوبة.

وفى تلك المقالة أيضاً نرى أن البيرونى هو أول من استعمل النسب المثلثية بمعناها الحديث المعروف لنا،

فإن الجداول المستخدمة حتى ذلك العصر لم تكن جيوباً أو ظلالاً بالمعنى المفهوم، بل مضروبة فى معامل ثابت يختلف باختلاف مصدر الجدول، وذلك المعامل الثابت قيمته ٢,٥طبقاً للنظام الهندى أو ٦٠ طبقاً للنظام الفارسى أو اليونانى. والسبب فى ذلك يرجع إلى أن



هذه الجداول لم تكن نسباً بين المقابل والقطر مثلاً، بل أطوالاً مطلقة للمقابل. فهى إذن تتوقف على قيمة القطر المأخوذة وهى ما اعتبرها اليونان ٦٠ وبعض علماء الهند ٢,٥ . وكان البيرونى أول من اعتبر الوحدة قيمة للقطر وبذلك أصبحت الأطوال المطلقة للمقابل هى بعينها النسبة بينه وبين القطر.

ويجدر بنا فى هذا المجال أن نشير إلى طريقة التقريب المتتابع المعروفة للرياضيين فى الوقت الحاضر والتى استخدمها البيرونى لإيجاد طول وتر فى دائرة يقابل زاوية قدرها ٤٠° عند المركز (أى ١/٩ الدورة الكاملة) وكان هدفه إيجاد الأوتار التى تقابل من الدورة

الكاملة ثلثها وربعها وخمسها ... إلخ، وذلك تمهيداً لحساب جداول الجيوب وقد استنتج قوانين رياضية مبسطة لحساب قيم هذه الأوتار فيما عدا وترى السُبعِ والتُسع كما استنتج قوانين لوتر مجموع زاويتين أو الفرق بينهما أو قيمة نصف الزاوية.

بدأ البيرونى طريقة التقريب المتتابع فأخذ وترى الخمس والسدس (يقابلان ٧٢°، ٦٠°) واستخرج وتر الفرق بينهما (وتر ١٢°)، ومن وتر السدس أيضاً باستعمال قانون التنصيف وصل إلى وتر ٣٠° ـ ثم استخدم قانون المجموع لايجاد وتر (٣٠° + ١٢°) أى ٤٢° وذلك قريب من ٤٠°. والخطوة التالية هى تنصيف ٤٢° مرتين ومن ذلك وصل إلى وتر ٣٠′ ١٠° فلما أخذه مع وتر ٣٠° حصل على وتر ٣٠′ ٤٠° وبذلك اقترب كثيراً من ٤٠°. وبمتابعة نفس هذه الخطوات الأخيرة أمكن الاقتراب قدر الإمكان من وتر ٤٠° المطلوب. ولما اتبع البيرونى هذه الطريقة وصل إلى وتر ٤٠درجة، صفر دقيقة،صفرثانية، صفر ثالثة، ٢٤ رابعة.

بعد أربع وستين عملية حسابية لإيجاد الجذر التربيعى ولن نشير إلى طرقه الأخرى التى أوصلته إلى

معادلات من الدرجة الثالثة قام بحلها بطريق (المحاولة والخطأ) حتى توصل إلى قيمة صحيحة حتى الرقم السادس العشرى.

وفى المقالة الرابعة التى تحتوى على ٢٦ باباً ناقش البيرونى عدة مسائل، من بينها إيجاد الزاوية بين مسار الأرض حول الشمس ومستوى خط الاستواء أو بمعنى آخر ميل محور الأرض على مسارها حول الشمس، وتحويل الاحداثيات السماوية بعضها إلى بعض، وتعيين الوقت، وتعيين خطوط الطول والعرض للبلدان. وهو فى مناقشاته ذكر كل الطرق المختلفة التى عولجت بها المواضيع بالإضافة إلى طرقة الخاصة وتحسين السابقة كلما استطاع إلى ذلك سبيلاً.

فعندما تناول موضوع ميل محور الأرض، بدأه بذكر العلاقة بينه وبين ارتفاعات الشمس عند المنقلبين الصيفى والشتوى. ثم أردف ذلك بوصف للجهاز المستخدم فى هذه الأرصاد مقارناً فى ذلك بين آلة بطليموس والآلة التى استعملها العرب ومشيراً إلى الحاجة إلى تكبير حجم الحلقة الدائرية المدرجة حتى يمكن تقسيمها إلى أكبر عدد من الأقسام فيكون قياس

ارتفاع الشمس بها أقرب إلى الدقة مما لو كانت صغيرة الحجم وأوضح من ناحية أخرى أن تكبير حجمها يؤدى إلى زيادة ضغط أجزائها بعضها على البعض مما ينتج عنه تغير شكلها وانحرافه عن دائرة، وكيف تغلب القدماء على تلك الصعوبات ببناء حائط رأسى واستعاضتهم عن الحلقة برسم دائرة على ذلك الحائط.

وكعادة البيرونى فى الإشارة إلى أعمال الآخرين، جمع النتائج التى توصل إليها علماء الفلك فى الهند واليونان والمعاصرون له من العرب وكيف أن هذه النتائج قد اختلفت فيما بينهم. وهو فى تسجيله لهذه النتائج أعطى كل ذى حق حقه، حتى ولو كان عن طريق السماع وفى ذلك يقول:

«وكعمل أبى محمود الخجندى بالرى، فإنه أوجبها دقيقتين وإحدى وعشرين ثانية، وقد اعترف لى صاحبه شفاهاً بفساد الآلة فى أحد المنقلبين».

ولم يطمئن البيرونى لهذا الإختلاف فقرر أن يقوم بأرصاده الخاصة، وكرر ذلك أربع مرات أولها قبل عام ٣٨٧هـ أى قبل أن يبلغ الخامسة والعشرين من عمره ثم

اضطر إلى الهجرة بعيداً عن بلاده ولما عاد إليها بعد حوالى خمسة عشر عاماً أعاد تلك الأرصاد عام ٤٠٧هـ ولم يلبث أن انتقل إلى غزنه مع السلطان محمود ابن مسعود حيث أعاد الرصد للمرتين الثالثة والرابعة عامى ٤١٠، ٤١١هـ.

شاب لم يجاوز الخامسة والعشرين من عمره، أقلق باله تضارب النتائج الفلكية لصفوة العلماء فقرر أن يصنع آلته الخاصة ويقوم بأرصاد تقضى على حيرته فى اختيار القيمة الحقيقية التى يبنى الاعتماد عليها فى أعماله الفلكية، ثم لا يكتفى بالرصد مرة واحدة بل يكرره مثنى وثلاث ورباع دون أن تصرفه الحوادث والحروب عن عزمه ولو بعد عشرات السنين فنراه يقول فى كتاب تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن عن رصد هذا الميل:

«وأما أنا فعلى حرصى الشديد على هذه المقاصد، وإيثارى إياها على سائر المطالب، كأنى ممنوع عن إثارتها، غير منتفع بالإمكان والاقتدار فيها. وقد كنت أزمعت تولى الأرصاد فى سنتى أربع وخمس وثمانين

(١) يشير إلى المهام السياسية التى عهد بها إليه الأمير ابو العباس مامون بن مامون خوارزم شاه.

وثلاثمائة للهجرة ، وهيأت لهادائرة قطرها خمس عشرة ذراعاً مع سائر ما يتبعه .... وردف هذا اليوم من التشاويش بين كبيرى خوارزم ما أحوج إلى تعطيل ذلك والتحصن، ثم الاستئمان والاغتراب عن الوطن. ولم يستقر بى بعدها القرار بضع سنين حتى سمح الزمان باجتماع الشمل، فأكرهت من أحوال الدنيا[1] على ما حسدنى عليه الجاهل، وأشفق على فيها الشقيق العاقل. ثم تفرغت للرصد قليل تفرغ فى أيام الأمير الشهيد أبى العباس خوارزم شاه».

ولما كانت الأرصاد الفلكية على اختلاف أنواعها وما يتصل بها من تحديد الأوقات وتعيين اتجاهات أماكن العبادة تعتمد على معرفة الجهات الأصلية، فقد أفرد باباً خاصاً لتعيين خط نصف النهار (اتجاه الشمال والجنوب). وذكر سبع مختلفة للوصول إلى ذلك مشيراً إلى مزايا ومساوئ كل منها، وإحدى هذه الطرق من أصل هندى، ناقشها ثم أضاف إليها بعض التحسينات وأخيراً شرح مع البرهان طريقاً هندسياً له يوفر الوقت الذى يقضيه الفلكى فى انتظار اللحظات المناسبة للأرصاد.

الطريقة الأولى :

مراقبة ظل عصا رأسية حتى يكون أقصر ما يمكن وحينئذ تكون الشمس فى نصف النهار ويكون اتجاه الظل هو اتجاه الشمال والجنوب. واعتراض البيرونى على ذلك هو أن الشمس قبيل نصف النهار وبعده بقليل لا يحدث تغير يذكر فى ارتفاعها، ومعنى ذلك أن اتجاه الظل يتغير خلال زاوية كبيرة بينما لا يحدث تغير محسوس لطول الظل.

الطريقة الثانية :

استخدام حساب المثلثات لمعرفة طول الظل عند الظهر تماماً ثم نرسم دائرة حول العصا نصف قطرها مساو لهذا الطول، ثم نرقب الظل إلى اللحظة التى يمس فيها طرفه محيط الدائرة فتكون هى لحظة الظهر ويكون اتجاه الظل هو الاتجاه المطلوب. وللبيرونى اعتراضان على ذلك، أولهما نفس الاعتراض على الطريقة الأولى وهو التغير البطئ فى طول الظل حوالى الظهر،والثانى صعوبة تحديد التماس بين الظل والدائرة وكلاهما ذو سمك يجعل التماس منطقة لها مساحة وليست نقطة محددة.

الطريقة الثالثة :

نفس الطريقة السابقة مع حساب طول الظل حين تكون الشمس على خط الشرق والغرب بدلاً من الشمال والجنوب ومزاياها سرعة تغير طول الظل حوالي ذلك الوقت ولكن الصعوبة في أن الشمس لا تكون في هذا الاتجاه إلا في فترة معينة خلال العام.

الطريقة الرابعة :

يرسم اتجاه الظل في يوم معين وقت الشروق أو الغروب وبحساب الزاوية بينه وبين خط الشرق والغرب يمكن معرفة هذا الأخير. وهذه الطريقة تحتاج إلى خلاء منبسط لا عوائق فيه تمنع رؤية الشمس وهي على الأفق.

الطريقة الخامسة :

تعتمد على اختيار ارتفاع معين للشمس ثم نقوم بعمل حسابات لطول الظل واتجاهه بالنسبة لخط الشمال والجنوب عندما تبلغ الشمس ذلك الارتفاع، ثم نرصد الشمس بصفة مستمرة حتى تبلغ ذلك الارتفاع وحينئذ نرسم اتجاه الظل ومنه نعرف خط الشمال والجنوب. وهذه الطريقة فضلاً عن حاجتها إلى عدد من

العمليات الحسابية ثم الترقب والانتظار حتى لحظة معينة فإنها قد تفشل نتيجة لعوائق جوية كالسحب وغيرها.

الطريقة السادسة :

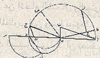
المعروفة بطريقة الدائرة الهندية، وهي أن تخط دائرة حول العصا نصف قطرها مساو لضعف طول العصا، والحكمة في اختيار هذا الطول هو أن طرف الظل يدخل ويخرج من الدائرة كل يوم على مدار السنة. ثم تحدد على محيط الدائرة نقطة دخول طرف الظل في الصباح وخروجه بعد الظهر فيكون قطر الدائرة المتوسط بينهما هو اتجاه الشمال والجنوب. والسبب في ذلك أن طولا الظل في الصباح وبعد الظهر يكونان متساويين إذا تساوى ارتفاعا الشمس في هاتين اللحظتين، ومعنى ذلك أن بعديهما عن اتجاه الشمال والجنوب متساويان فيكون الاتجاه المطلوب إذن وسط بينهما.

وقد أثبت البيروني أولاً أن نصف قطر الدائرة يمكن تغييره بحيث لا يقل عن طول العصا×ظا (ع+م) حيث (ع) عرض المكان، (م) الزاوية بين مسار الأرض حول الشمس ومستوى خط الاستواء، ثم أشار إلى عدم

دقة الدائرة الهندية التى تتجاهل تغير موضع الأرض فى مسارها حول الشمس بين الرصدتين مما ينتج عنه عدم توسط الشمال والجنوب لنقطتى دخول الظل وخروجه. ثم اقترح - تحسيناً للنتائج - حساب بعد الشمس الحقيقى عن اتجاه الشمال والجنوب فى لحظة دخول طرف الظل ولحظة خروجه ومنهما يمكن معرفة الشمال والجنوب بدقة أكثر مما سبق.

الطريقة السابعة :

للبيرونى نفسه لا تحتاج لشئ سوى رصدة واحدة فى أى وقت شئنا ومنهما ينتج الإتجاه المطلوب بعد سلسلة من الرسومات الهندسية. فإذا كان ه أ هو طول الظل واتجاهه فى لحظة ما، نرسم ه ب عمودياً عليه



ومساو لطول العصا، ثم نأخذ الزاويتين أ ه ط، ط ه ز مساويتين لعرض المكان، ٩٠ - ت على التوالى حيث

(ت) اتجاه الشمس عند الشروق فى ذلك اليوم وهو معروف. ثم تنزل ز ح عمودياً على ه ط ونرسم ه ج موازياً للمستقيم أ ب ونرسم نصف دائرة ج د ه قطرها ج ه وبعد ذلك نعتبر ه د قطراً ونرسم نصف دائرته د ل ونرسم ج ك موازياً للمستقيم ز ح ثم نأخذ ك م على استقامة ه د مساوياً للمستقيم ه ح. وأخيراً نأخذ الوتر د ل فى نصف الدائرة د ل ه مساوياً للمستقيم د م ونرسم ه س موازياً له فيكون هذا اتجاه الشمال والجنوب المطلوب. والفكرة صحيحة، إلا أن البيرونى وقع فيما وقع فيه علماء الهند حينما نسى تغير موقع الأرض فى مسارها حول الشمس بين لحظتى شروقها ورصدها.

وتعيين الوقت أمر من الأمور الفلكية الهامة الجديرة بالإشارة إليها، وقد تناولها البيرونى بالمناقشة فى ثلاثة أبواب من هذه المقالة حيث بين فى أحدها كيفية حساب ما مضى من النهار منذ شروق الشمس عن طريق رصد ارتفاعها، وفى الثانى عن طريق رصد اتجاهها بالنسبة لخط الشمال والجنوب، بينما خصص الثالثة للأرصاد الليلية على النجوم وتعيين الوقت عن طريقها.

واختتم البيروني هذه المقالة بتحويل المعلومات الفلكية من أي مكان على الأرض إلى قبة الأرض، وهذه القبة هي منتصف العمران. ولما كان القدماء يعتقدون أن النصف الشمالي من الأرض فقط هو الآهل بالعمران، وأن تلك المنطقة تمتد من شواطئ المغرب إلى شواطئ الصين فإن منتصف ذلك هو جزيرة بالهند عند خط الاستواء شرقي طول بغداد بمقدار ٥٠' ٤٠°. وتذكر الأساطير الهندية أن بهذه الجزيرة قلعة (لنك) وهي مستقر للشياطين ووصفوا من ارتفاعها في الجو ما يمكن أن يشبه بالقبة فأطلق عليها اسم قبة الأرض.

والمقالة الخامسة من القانون المسعودي تبحث في المسائل الأرضية المتصلة بالظواهر الفلكية، كتعيين خطوط الطول والعرض للبلدان، واتجاه مكان بالنسبة لمكان آخر، وقياس حجم الأرض أو محيطها، وخصائص الكرة السماوية في خطوط العرض المختلفة، ووصف موجز لجغرافية الأرض مع جدول لخطوط الطول والعرض جمع فيه ما يزيد على ستمائة بلد ومكان.

ولإيجاد خطوط الطول أشار إلى استخدام خسوف القمر برصد وقت حدوثه في مكانين أحدهما

معلوم الطول ثم ناقش الأسباب في استحالة الاستعانة بكسوف الشمس أو ستر القمر النجوم. وثمة طريقة أخرى لا تعتمد على الخسوف ولكنها تحتاج إلى معرفة عرضي المكانين حيث يرصد فيهما وقت عبور القمر لاتجاه الشمال والجنوب في ليلة معينة، وبعد بعض التصحيحات ينتج فرق الطول بين البلدين.أما إذا عرفنا المسافة بين بلدين وعرضيهما فإن الفرق في الطول يمكن حسابه. ولما كان المجال غير متسع أمام البيروني ليتناول مواقع البلدان وتعيينها بشئ من التفصيل في نطاق القانون المسعودي، فقد أفرد لهذا الموضوع كتاباً كاملاً هو «تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن» شرح فيه جميع الطرق الحسابية والرصدية الممكن استعمالها في هذا الشأن وضرب الأمثلة المختلفة لأن «الأمثلة تكون مرشدة للحاسب ومعينة على الامتحان والتعبير» ومسجلاً النتائج التي أدت إليها أرصاده وأرصاد غيره.

وقد اهتم البيروني بمسألة تعيين إتجاه بلد بالنسبة لبلد آخر لأهمية ذلك في اتجاه المصلين نحو الأماكن المقدسة. وذكر في ذلك طريقين، يعتمد أحدهما على الحسابات المثلثية باستخدام قوانين الرياضة المعروفة،

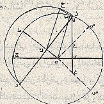
أما الطريق الثانى فهندسى بحت أو كما أسماه «الطريق الصناعى لمعرفة سمت القبلة وغيرها» لايحتاج إلى الحسابات المعقدة تسهيلاً للأئمة فى البلدان المختلفة فى معرفة الاتجاه الصحيح، كما يسر لهم ولغيرهم من قبل رسم اتجاه الشمال والجنوب بالطرق الهندسية.

ويجدر بنا أن نسجلها هنا دون التعرض للبرهان على صحتها[1].

نرسم دائرة أ ج ص على الأرض ونعين اتجاه الشمال والجنوب أ ٥ ج حيث أ اتجاه الجنوب، ج الشمال ثم نأخذ القوس ج ط مساوياً لعرض بلدنا ونصل ٥ ط. وكذلك نأخذ القوس ط ز مساوياً ٩٠ - عرض البلد المطلوب اتجاهه. ثم ننزل ز ك عموداً على ٥ ط ونجعل نقطة ك مركزاً لنصف دائرة ز ح د. وبعد ذلك نأخذ القوس ط ب مساوية ٩٠ - فرق الطول بين البلدين ونصل ب ٥ ونرسم ك ح موازياً له ثم ح ل عمودياً على ز ك، ل ى عمودياً على أ ٥ ج. والآن إذا كان البلد المطلوب شرقياً أخذنا نقطة ع على المستقيم ل ى بحيث

(1) انظر شرح البرهان فى بحث للكاتب بعنوان «الأعمال الفلكية للبيرونى» فى نشرة مرصد حلوان رقم ٥٧ عام ١٩٦٢.

يكون ى ع مساوياً ح ل، وإذا كان غربياً أخذنا ع على امتداد المستقيم ل ى، ثم نصل ٥ ع ص فيكون اتجاه البلد المطلوب.



أما قياس محيط الأرض فموضع اهتمام العلماء حتى فى عصرنا الحالى، وكان أوائل الباحثين فى هذا الأمر علماء الهند واليونان. وقد ذكر البيرونى التاريخ الذى مر به هذا الموضوع أيام المأمون بعد ترجمة علوم الحضارتين المذكورتين وتبين التضارب الكبير فى النتائج الذى قد يكون مرجعه إلى عدم دقة القياسات أو إلى عدم معرفة العرب للأطوال المستخدمة أو إلى كلاهما فالمعتقد أن علماء الهند استعملوا وحدة تساوى

ثمانية أميال عربية[1] أما علماء اليونان فقد استخدموا وحدة الاسطاذيا فى قياساتهم[2]، وأشار البيرونى إلى أنه حتى بين علماء الهند نجد اختلافاً كبيراً كما تبين من أهم المراجع الفلكية الخمسة الكبرى عند الهند المسماه بالسدهانتا[3] أو كما حرف اسمها فيما بعد إلى السندهند.

ولهذه الأسباب أمر المأمون جماعة من العلماء بقياس محيط الأرض (أو بقياس المسافة التى تقابل درجة واحدة عند مركز الأرض ومنها ينتج كل المحيط) فاختاروا لذلك صحراء سنجار فى العراق حيث انقسموا إلى فرقتين قامت إحداهما بالقياسات فى اتجاه الشمال والأخرى فى اتجاه الجنوب. وقد اختلفت الحكايات بعد ذلك فى هل كانت المسافة ٥٦ ميلاً أم ٥٦⅔ ميل كما ذكر معظم المؤرخين. «وهو موضع تحير

(١) الميل العربي أربعة آلاف ذراع سوداء، والذراع ٢٤ أصبعاً أو شبران. وقد اختلفت الآراء فى طول الذراع، ولكن يكاد يتفق المستشرق الإيطالى كارلو نللينو مع محمود (باشا) الفلكى فى أن طوله حوالى ٤٩,٢سم (أنظر ـ علم الفلك، تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى لكارلو نللينو ص ٢٢٨).

(٢) اختلف العلماء أيضاً فى مقدار طوله (أنظر كارلو نللينو ص ٢٧٣).

(٣) اقدم الأعمال الفلكية وأهمها عند الهند، وهى خمسة مراجع لم يحدد تاريخها.

باعث على تجديد الامتحان والرصد. ومن لى به ؟ وهو محتاج إلى اقتدار بسبب الانبساط فى المكان، والاحتراس من غوائل المنتشرين فيه».

وعلى الرغم من ذلك فقد اختار البيرونى قاعاً صفصفاً فى شمال دهستان التى بأرض جرجان، ولكنه عجز عن اجتياز المفاوز المتعبة فضلاً عن الحاجة إلى العون، فعدل عن هذا الأمر حتى كان فى الهند فوجد جبلاً مشرفاً على صحراء مستوية الوجه، وهناك استخدم طريقة جديدة فى قياس محيط الأرض إذ صعد إلى قمة الجبل وقاس زاوية انخفاض ملتقى السماء والأرض عن المستوى الأفقى المار بقمة الجبل، فإذا عرفنا ارتفاع الجبل أمكن حساب نصف قطر الأرض. وكانت النتيجة التى وصل إليها البيرونى قريبة مما ذكرت الغالبية، فلم يركب مركب الغرور واعترف بالفضل لعلماء المأمون.

«فقد قارب ذلك وجود القوم، بل لاصقه، وسكن القلب إلى ما ذكروه فاستعملناه ، إذ كانت آلاتهم أدق، وتعبهم فى تحصيله أشد وأشق».

فإذا إنتقلنا إلى الجانب الجغرافى، وجدنا البيرونى وقد سجل مواقع ما يزيد على ستمائة بلد

ومكان، لم ينقلها كما وجدها فى كتب الآخرين، إذ لاحظ اختلافاً فى اختيار مبدأ قياس خطوط الطول. فإن أهل الصين والهند وفارس بدءوا من جهة المشرق، أما المصريون والروم والإغريق، فقد بدءوا من جهة المغرب، ثم اختلفوا فيما بينهم فأخذ بعضهم البداية من ساحل المحيط الأطلنطى وبعضهم من جزائر السعادة (كناريس) على بعد عشر درجات من الشاطئ ونتج عن ذلك خلط فى كثير من الكتب حاول البيرونى أن يتحاشاه فى جداوله بمقارنة المسافات وفروق الأطوال الناتجة بالطرق الفلكية.

«وقد أثبت فى هذا الباب جداول تضمنت أطوال البلدان وعروضها بعد الاجتهاد فى تصحيحها بموجب أوضاع بعضها من وما بينها من المسافات، لا بالنقل الساذج من الكتب، فإنها فيها مختلطة فاسدة بأخذ بعض أطوال فيها من جزائر السعادة وبعضها من ساحل البحر المحيط.......».

وعند وصفه لتضاريس الأرض ومسالك البحار والمحيطات أشار لأول مرة إلى أنه ليس ما يمنع من اتصال المحيط الهندى بالمحيط الأطلنطى جنوب القارة الإفريقية وهو عكس ما كان شائعاً فى ذلك الوقت. ثم

دلل على ذلك بالعثور على ألواح مراكب مخروزة عند مضيق جبل طارق ومصدرها هو المحيط الهندى وليس المحيط الأطلنطى لأن المراكب فى هذا الأخير تسمر بالحديد ولا تخاط.

ولا يسعنا فى هذا المجال إلا أن ننتقل لحظة إلى كتابه «تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن لنسجل ناحية تاريخية تهمنا، أشار إليها البيرونى، وهى عن ... قناة السويس، فيقول:

«وحين كانت أرض مصر بحراً، حرص ملوك الفرس فى بعض استيلائهم على مصر على أن يحفروا من القلزم (البحر الأحمر) إليها، ويرفعوا البرزخ عما بين البحرين حتى يمكن المركب أن يسير من البحر المحيط فى المغرب (المحيط الهندى) إليه بالمشرق (الأطلنطى) كل ذلك ارتفاعاً وطلب تعميم المصلحة. وكان أولهم سطراطس الملك[1] ثم داريوش[2]، وحفروا مسافة مديدة هى باقية الآن، يدخلها ماء القلزم بالمد ويخرج بالجزر. فلما قاسوا ارتفاع ماء القلزم، أمسكوا عما

(١) سنوسرت الثالث (١٨٨٧ ـ ١٨٤٩ ق. م) ـ انظر : فى موكب الشمس للدكتور أحمد بدوى جـ٢ ص ١٣٧، ١٣٩، ١٤٠.

(٢) ملك الفرس من سلالة الأخمينيين (٥٢٢ ـ ٤٨٦ ق. م) انظر تحديد نهايات الأماكن للبيرونى تحقيق الدكتور ب. بولجاكوف مجلة معهد المخطوطات العربية، المجلد الثامن، الجزءان الاول والثانى ص ٤٩.

راموه خوفاً أن يفسد القلزم نهر مصر لإشرافه عليه. ثم تممه بطليموس الثالث(١) على يد أرشميدس بحيث حصل الغرض بلا ضرر، وطمّته بعد ذلك أحد ملوك الروم منعاً للفرس عن ورود مصر منه».

نعود ثانية إلى القانون المسعودى لنتابع أعمال البيرونى فى الفلك فنجده قد خصص باباً لمعرفة أوقات الاعتدالين الربيعى والخريفى والمنقلبين الصيفى والشتوى عن طريق الأرصاد فبدأ بوصف للآلة التى استخدمها بطليموس لرصد الاعتدالين، وهى عبارة عن حلقة تنصب مائلة بزاوية معينة «والعمل بها متعب مشكك وخاصة عند اتفاق الاعتدال ليلاً» ثم وصف آلة قام بصنعها على هيئة نصف كرة يرتكز مقطعها على أرض ملساء وشرح طريقة استعمالها والحسابات التى منها ينتج المطلوب وضرب لذلك أمثلة بأرصاده التى قام بها. ثم جمع أرصاد وقت الاعتدال الخريفى فى جدول من أيام هيبارخوس فى القرن الثانى قبل الميلاد حتى أيامه فى القرن الحادى عشر الميلادى، ولما كانت هذه الأرصاد قد أجريت فى بلدان مختلفة فقد حول أوقاتها إلى توقيت غزنة حتى تسهل المقارنة بينها.

(١) ملك مصر بين ٢٤٦، ٢٤١ ق.م.

ومن أهم الأبحاث الفلكية للبيرونى ما كتبه عن حركة أوج الشمس وهو أبعد المواقع السنوية بين الشمس والأرض. فقد كان المعتقد أن هذا الموقع ثابت فى الفضاء اقتناعاً برأى بطليموس فى القرن الثانى الميلادى فى عدم وجود أى اختلاف بين الموقع فى أيامه وبينه فى أيام هيبارخوس. أما من رصد الأوج بعد بطليموس ووجده مختلفاً فقد أرجع ذلك إلى الأرصاد نفسها إذ أن أى خطأ طفيف فيها ينتج عنه تغيراً كبيراً فى موقع الأوج المحسوب. وقد حلل البيرونى جميع هذه الأرصاد المختلفة كما قام بأرصاده الخاصة وأثبت قطعاً أن الأوج متحرك، وإن كان المؤرخون(١) يرجعون هذا الإثبات إلى الزرقلى(٢)، ولكن هذا الأخير ولد عام ١٠٢٩م أى عندما قارب البيرونى على الانتهاء من كتابة القانون المسعودى وإن كان للزرقلى شرف الوصول إلى أدق نتيجة عرفت حتى ذلك العهد عن مقدار هذه الحركة. ومن المعروف أن دقة النتيجة تعتمد على مقارنة

(١) Inrtroduction to the History of Science, G. Sarton, Vol. I, page 758.

(٢) ابواسحق إبراهيم بن يحيى النقاش الشهير بالزرقلى من فلكى الاندلس (١٠٢٩ - ١٠٨٧م).

رصدتين بينهما أطول مدة ممكنة[1]، فاذا صغرت المدة أو كانت إحدى الرصدتين غير موثوق بهاأدى ذلك إلى خطا كبير.

ويحتوى القانون المسعودى على كثير من المواضيع الفلكية الأخرى والجداول الهامة التى يحتاج إليها علماء الفلك فى حساباتهم فمن المسائل الخاصة بالشمس حركتها السنوية الظاهرية حول الأرض (كان الاعتقاد أنها حركة حقيقيةوليست ظاهرية)، فقد اتضح من الدراسات أن سرعة الشمس فى هذا المسار غير ثابتة بل تسرع أحياناً وتبطىء أحياناً كما أن الحجم الظاهرى لقرص الشمس يتغير من وقت لآخر، وكان تفسير ذلك بفرض المسار دائرة ولكن الأرض لاتقع فى مركزها، فاذا كانت الحركة منتظمة بالنسبة المركز فانها لا تكون كذلك بالنسبة للأرض. أما السرعة المتوسطة للشمس فهذه تنتج من قياس طول السنة الذى هو الفترة بين حلول الشمس فى نقطة من المسار وبين عودتها إلى تلك النقطة. وفى حديثه عن ذلك انتقل البيرونى إلى علم الطبيعة وتمدد المعادن بالحرارة

(١) نقطة الاوج تتحرك ٨ر١١ً كل سنة أى درجة واحدة كل ٣٠٥ سنة.

وانكماشها بالبرودة وفى ذلك يقول:

«وعلى هذا عملوا كما عملنا نحن، وإن كان عملنا للتوطيد. ولابد من وقوع التساهل فى أمثال هذا الرصد بسبب صغر الآلات إذا قيست إلى عظم مايقاس بها، وبسبب التغايير التى وقوعها ضرورى فى الأشياءالطبيعية، لازم إياها لا يفارقها، كالامتداد العارض فى الحلقات من ثقلها إذا أفرط فى تعظيمها حتى يستطيل له ويعرض. أما الاستطالة ففى السمك إذا علقت، وأما الانبطاح ففى العرض إذا نصبت، وبسبب مايلحقها من أمثال ذلك عند تغير الكيفيات فى المواد.

وقد كان المأمون تولى نصب عمود من حديد أدى أذرعه على عشر بدير مران من دمشق، وسواه فى صدر النهار ثم قاسه بالمساء فوجده متغيراً عن نصبته قدر طول شعيرة بتأثير برودة الليل فيه».

وذكر البيرونى أنه لتفادى الأخطاء فى قياس طول السنة، يرصد وقت حلول الشمس هذه النقطة المعينة مرتين بينهما عدد كبير من السنين:

«فان الزمان فيما بين الرصدين مهما طال وامتد، توزع الخلل الواقع فى العمل عليه، وصغر قدره فى

أجزائه حتى يجاوز ما يستعمل من أجزاء الحركة إلى ما لا يستعمل منها. وعمر الإنسان وإن طال، بل أعمار عدة قرون متوالية تقصر عن مقدار الحاجة إلى ذلك. فلأجله يمتنع استبداد المرء في هذا الباب بالعمل،ويضطر فيه إلى قيام شخصين على طرفي تلك المدة الطويلة، يتقدم أحدهما ويتأخر الآخر فيقلده».

وقد قارن أرصاده بأرصاد ميطن واقطيمن[١] وبأرصاد أرسطرخس[٢] ثم رصدتين لبطليموس فخرجت له أربع نتائج مختلفة هي على التوالى ٢٤٢٦ر ٣٦٥، ٢٤٢١ر ٣٦٥، ٢٣٩٨ر ٣٦٥، ٢٤٠٨ر ٣٦٥يوماً[٣] كما قارن أرصاد هؤلاء بعضها ببعض فوجد أيضاً اختلافاً في النتائج. وقد أرجع ذلك إلى تخاليط في التواريخ «كاستعمال الشهور فى غير سنيها، واستعمال شهور مختلفة لأمم متباينة، إن كان حينئذ أمرها له معلوماً فانه خفى علينا مجهول». والمصدر الذى استقى

(١) من علماء اليونان فى القرن الخامس قبل الميلاد
Introduction to The History of Science, Sarton, Vol. I, p. 94.

(٢) القرن الثالث قبل الميلاد
Introduction to The History of Science, Sarton, Vol. I, p. 156.

(٣) القيمة الحقيقية ٢٤٢٢ر ٣٦٥يوماً.

منه البيرونى معلوماته عن الأرصاد وتواريخها هو كتاب المجسطى لبطليموس. وقد دلل على اختلاط التواريخ فى المجسطى بضرب أمثلة عديدة من هذا الكتاب.

وفى معرض الحديث عن القمر، تناول بالتفصيل شرح مسيرة المختلف والمستوى أى الناتجين عن السرعة الحقيقية غير المنتظمة وعن السرعة النظرية المتوسطة، وقد افترض فى شرحه أن مستوى مسار القمر حول الأرض ينطبق على مستوى مسار الأرض حول الشمس مع أنه فى الحقيقة مائل عليه بزاوية معينة. وقد علل أسباب هذا التقريب بامكان الوصول عن طريقه إلى المعلومات الصحيحة باستخدام طريقة التقريب المتتابع:

«فليُعلم أن أحوال القمر، بل جميع المتحركات العلوية (الكواكب) لايستطاع ادراكها دفعة، وإنما يتغير على شيء منها، فيوجد أولها بالجليل من الأمر والتقريب من الحق، ويتدرج منه إلى الثانى على مثال تلك الحالة، ثم يعاد به إلى الأول فليعمل ثانية ليدق ويتناول الثانى شيئاً من تلك الدقة. ويتدرج بهما إلى الثالث ثم يرجع منه كذلك إلى المبدأ ولا يزال يفعل ذلك. وهذا مافى وسع المجتهد».

ثم يشير إلى زاوية الميل هذه - أو أعظم عروض القمر - فيسجل وجود اختلاف بين الآراء وعدم سنوح الفرصة له كي يتعرف على الحقيقة:

«ولم يقع على أعظم عروض القمر اتفاق إلى الآن، فان الهند مطبقون فيه أنه أربعة أجزاء ونصف جزء (٤١/٢)، وبطليموس يذكر أنه وجده خمسة أجزاء. وهو فى زيج جيش الحاسب أربعة أجزاء ونصف وسدس وعشر (٤٦ََ ٤ْ) واستناده فى جميع أعماله إلى أرصاد بنى موسى[١]. ولم يتفق لى فيه أدنى شىء يستعان به على تعرف الحال».

ومع أنه اعترض على بطليموس فى كثير من آرائه وأرصاده، إلا أنه لم يتوان فى أن يأخذ برأيه إذا اقتنع بصحته، ومن ذلك زاوية الميل هذه التى وجد بعد المناقشة أن «رأى بطليموس فيه أولى بالاتباع».

ومن المواضيع الأخرى المتصلة بالقمر والشمس والتى تناولها البيرونى فى شىء من التفصيل، نجد الاختلاف بين مواقع القمر المرصودة من سطح الأرض

(١) أبناء موسى بن شاكر الثلاثة أيام المأمون وهم محمد وأحمد وحسن، أدلوا بقسط كبير فى الرياضة والفلك وأنفقوا معظم ثروتهم فى سبيل العلم.

وبين المواقع المثبتة فى الجداول والمنسوبة إلى مركز الأرض، وموضوع كسوف الشمس وخسوف القمر والفرق بينهما ووصف أنواعهما المختلفة وحساب أوقاتها ومقدار الجزء المنكسف وموضعه . كما فسر أسباب ظهور الفجر قبل شروق الشمس باستنارة الغلاف الجوى وبالمثل شفق مابعد الغروب وأوقاتهما. وفى إمكان رؤية الهلال شرح الأسباب التى تمنع رؤيته حتى مع وجوده فوق الأفق، ثم أوضح بالطريق الهندسى الحدود النسبية بين القمر والشمس والتى عليها تعتمد ظروف رؤية الهلال ما لم تتدخل العوامل الجوية.

وعند الحديث عن النجوم (الكواكب الثابتة) أوضح الفرق بينها وبين الكواكب (الكواكب السيارة) وأسباب تسمية النجوم بالكواكب الثابتة، وهنا يذكر أن الفرق المألوف بينهما راجع إلى حركة الكواكب فى مساراتها وتغير مواقعها فى السماء بالنسبة للنجوم ولبعضها البعض، أما الفارق المعروف لنا حالياً عن كون الكواكب أجسام مظلمة تستمد ضوءها من الشمس فلم يكن شيئاً مؤكداً فى ذلك العصر، فعند حديثه عن الكسوف فى موضع متقدم قال:

«فأما الكواكب، فلما لم تطرد فيها الدلائل الموجبة

للقمر شكله الكرى، تلونت آراء المجتهدين فى أنوارها فمنهم من أضافها إلى مماثلة الشمس فى الاستنارة بنفسها، ومنهم من رأى إضافتها إلى مماثلة القمر فى قبول النور من غيره».

وسجل البيرونى أعمال العرب فى مجال النجوم، فعند تقسيم النجوم حسب أقدارها (درجة لمعانها) أشار إلى جداول بطليموس المحتوية على النجوم وأقدارها وإلى توسط بعض النجوم بين قدر وآخر حتى أن أبو الحسين الصوفى[1] فى جداوله نقلها من مرتبة إلى أخرى، ولعل تلك أول فكرة فى تقسيم الأقدار الصحيحة إلى كسور وهو المعمول به فى الوقت الحاضر أما عن ثبات النجوم فى السماء وعدم وجود حركة لها خلاف الشروق والغروب - وهو أمر بعيد عن الصحة كما ثبت من الدراسات الدقيقة فى العصور الحديثة - فقد أشار إلى اكتشاف العرب للحركة الثانية عندما قال:

«قيل فيها أنها كلها متحركة نحو التوالى بحركة واحدة شرقية على مثال تحركها جملة بالحركة الغربية؛ وأى شىء أظهر فيها من وجود إبرخس قلب الأسد[1]

(1) أبو الحسين عبدالرحمن بن عمر الصوفى الرازى (٩٠٣ - ٩٨٦م).

متقدماً للدائرة المارة على الأقطاب الأربعة [2] إلى خلاف التوالى بسدس جزء (١٠)، وكونه الآن مجاوزاً إياها إلى التوالى بأكثر من نصف برج (١٥ْ). فظاهر أنه متحرك، إلا أن شكله (أى وضعه) من سائر الكواكب (الكواكب الثابتة أى النجوم) باق على حاله، فكلها إذن متحركة حركة مشابهة لحركته».

ويستطرد بعد ذلك فيبرهن أن هذه الحركة للنجوم على محور فلك البروج Ecliptic ويبحث تأثير وجود هذه الحركة على خصائص النجم كالشروق والغروب وموقعه بالنسبة للنجم القطبى ولنقطة الإعتدال، ولم ينس هذا التأثير عندما وضع جداوله لمواقع النجوم حيث جمع ١٠٢٩ نجماً وصف مكان كل منها فى كوكبته وأعطى موقعه إلى أقرب دقيقة قوسية، وقدره كما رآه بطليموس والصوفى. أما التصحيح الذى أضافه فكان للموقع:

«قد أثبت فى هذه الجداول مافى كتاب المجسطى (كتاب بطليموس) من مواضع الكواكب بزيادة ثلاث

(1) ألمع نجم فى كوكبة الأسد.

(2) قطبى محور الأرض وقطبى فلك البروج (مسار الأرض حول الشمس).

عشرة درجة على أطوالها لما تقدم ذكره، بعد العناية الصادقة بتصحيحها من عدة نسخ وتراجم مختلفة ثم إلحاق ما وجب إلحاقه بها بعد تصييره مثلها، والاجتهاد فى تقويم ما عثر أبو الحسين ابن الصوفى على اختلال منه، بعد استنكار أمره، والتعجب من قلة اهتزازه لتولى تصحيح ذلك».

وأنهى حديثه عن النجوم بذكر منازل القمر ونجومها طبقاً لرأى العرب والهند، كما قارن بين هدف كل منهما فى دراسة تلك المنازل، فالهند استعملتها بقصد التنجيم والتنبؤ بالحوادث بينما اهتم بها العرب ليربطوا بينها وبين أحوال السنة وفصولها وما يحدث فيها من تغير فى أحوال الجو وغيره.

وبعد النجوم جاء ذكر الكواكب، فأعطى شرحاً هندسياً لحركاتها، وفسر مع البرهان أسباب حركتها المستقيمة والإقامة والرجوع العارض[1] واختتم ذلك باقتران كل كوكبين أى باجتماعهما فى جزء واحد من فلك البروج ثم شروط حجب أحدها للآخر وحجب القمر

(1) نتيجة لحركة الأرض حول الشمس وحركة الكوكب فى نفس الوقت نشاهده وقد سار فى مداره العادى ثم إذا به يقف عن الحركة وبعد ذلك يتراجع إلى الخلف.

لسائر الكواكب.

ولم يكن البيرونى ممن يؤمنون بالتنجيم، ومع ذلك فقد اختص المقالة الأخيرة من القانون المسعودى بالحديث عنه، ولكنه تناوله من الناحية الرياضية وطرق الحسابات الفلكية البحتة التى يحتاجها المنجمون. وليس أدل على سخطه على المنجمين ماذكره فى بداية هذه المقالة:

«هذه الصناعة[1] التى قصر الكتاب عليها، على استغنائها بذاتها لنفاسة قدرها فى نفسها، لا تكاد تميل إليها القلوب التى لا تتصور كيفية اللذة إلا فى مقدمات الآلام الجسمانية، ولا النفع إلا فى الأمور الدنياوية. وإذا لم ترغب فيها رغبت عنها وعافتها، فعادتها وأهلها. ولهذا السبب رجز القدماء أكوان العالم بقضاياها، وطرقوا إلى تقديم المعرفة بها من تأثيراتها طرقاً، أشبهت شيئاً من الإقناع، وفتنو عليها صناعة الأحكام»[2].

(1) يقصد بذلك علم الفلك الحقيقى.

(2) يقصد بذلك التنجيم.

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٩٥/٥٣٦٢

I.S.B.N 977-01-4431-2